

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 576 717 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 92111346.0

(51) Int. Cl. 5: **F23R 3/08**

(22) Anmeldetag: 03.07.92

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
05.01.94 Patentblatt 94/01

(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**

**Zürich(CH)**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU MC  
NL PT SE**

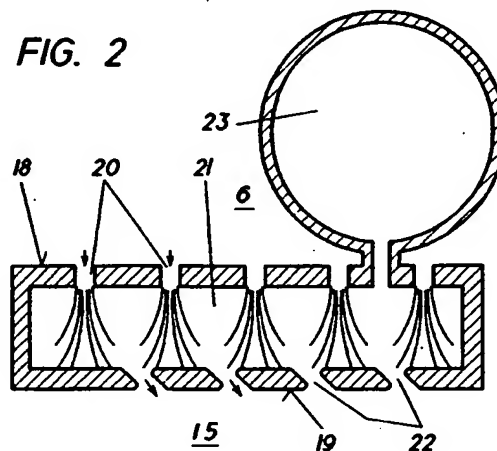
(72) Erfinder: **Keller, Jakob, Prof.Dr.**  
**Plattenstrasse 8**  
**CH-5605 Dottikon(CH)**

(54) **Gasturbinen-Brennkammer.**

(57) In einer Gasturbinenbrennkammer ist das Flammrohr auf seiner vom Verbrennungsraum (15) abgewandten Seite einem vom Verdichter der Gasturbine gelieferten Luftstrom ausgesetzt. Das Flammrohr setzt sich im wesentlichen aus Wandteilen (18, 19) zusammen, wobei die dem Verbrennungsraum abgewandten äusseren Wandteile (18) jeweils mehrere, über dem Umfang verteilte Einlassöffnungen (20) aufweisen, über die die Kühlluft in einen im Flammrohr angeordneten Zwischenraum (21) eingeleitet wird. Aus dem Zwischenraum wird die Kühlluft über Austrittsbohrungen (22) in den dem Verbrennungsraum zugewandten inneren Wandteilen (19) in den Verbrennungsraum eingeleitet.

Der Zwischenraum (21) zwischen den Wandteilen (18, 19) ist zwecks Bildung eines Helmholtzresonators an ein grosses, abgeschlossenes Zusatzvolumen (23) angekoppelt, wobei die Einlassöffnungen (20) in den äusseren Wandteilen (18) als Zuführrohre und die Austrittsbohrungen (22) in den inneren Wandteilen (19) als Dämpfungsrohre des Helmholtzresonators ausgebildet sind.

**FIG. 2**



EP 0 576 717 A1

## Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Gasturbinenbrnnkammer mit einem Flammrohr, welches einen Verbrennungsraum begrenzt und auf seiner vom Verbrennungsraum abgewandten Seite einem vom Vordrucker der Gasturbine gelieferten Luftstrom ausgesetzt ist, wobei das Flammrohr sich im wesentlichen aus Wandteilen zusammensetzt, und wobei die dem Verbrennungsraum abgewandten äusseren Wandteile jeweils mehrere, über den Umfang verteilte Einlassöffnungen aufweisen, über die die Kühleuft in einen im Flammrohr angeordneten Zwischenraum eingeleitet wird, aus welchem die Kühleuft über Austrittsöffnungen in den dem Verbrennungsraum zugewandten inneren Wandteilen in den Verbrennungsraum eingeleitet wird.

## Stand der Technik

Gasturbinen mit derartigen, luftgekühlten Flammrohren sind bekannt, bspw. aus der US 4,077,205 oder der US 3,978,662. Dort sind Kühlsysteme für Flammrohre gezeigt und beschrieben, die aus sich in Turbinenachsrichtung überlappenden Wandteilen aufgebaut sind. Das jeweilige Flammrohr weist eine Lippe auf, die sich über den Schlitz erstreckt, durch den der Kühleuftfilm austritt. Dieser Kühleuftfilm soll an der Wand des Flammrohres haften, um für dieses eine kühlende Sperrschicht zu bilden.

Moderne hochbelastete Gasturbinen erfordern zunehmend komplexere und wirkungsvollere Kühlmethoden. Um niedrige  $\text{NO}_x$ -Emissionen zu erzielen, wird versucht, einen zunehmenden Anteil der Luft durch die Brenner selbst zu leiten. Dieser Zwang zur Reduktion der Kühleuftströme ergibt sich aber auch aus Gründen, die mit der zunehmenden Heissgastemperatur beim Eintritt einer modernen Gasturbine in Zusammenhang stehen. Weil auch die Kühlung der übrigen Anlagenteile wie Beschaukelung, Maschinenwelle etc. immer schärferen Anforderungen genügen muss, und weil die Heissgastemperaturen, die im Interesse eines hohen thermischen Wirkungsgrades immer weiter gesteigert werden, auch direkt zu einer stark erhöhten thermischen Belastung der Brennkammerwände führen, muss mit der Brennkammerkühleuft sehr sparsam umgegangen werden. Diese Anforderungen führen in aller Regel zu mehrstufigen Kühltechniken, wobei der Druckverlustbeiwert, d.h. der durch die Kühlung verursachte Gesamtdruckabfall dividiert durch den Staudruck beim Kühleuftintritt in die Brennkammer, recht hoch sein kann.

Bei konventionellen Brennkammern spielt die Kühlung in der Regel eine äusserst wichtige Rolle für die Schalldämpfung der Brennkammer. Die oben erwähnte Reduktion des Kühleuftmassen-

stroms geht mit einem stark erhöhten Druckverlustbeiwert der gesamten Brennkammerwandkühlung einher, was zu einer fast völligen Unterdrückung der Schalldämpfung führt. Die Folge dieser Entwicklung ist ein zunehmender Vibrationspegel in modernen LOW- $\text{NO}_x$ -Brennkammern.

## Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Gasturbinenbrennkammer der eingangs genannten Art bei minimalstem Kühleuftverbrauch und hohem Druckverlustbeiwert die Schalldämpfung einer Brennkammerwand wesentlich zu verstärken.

Ausgehend von einem System von aufeinanderfolgenden Kühltechniken, hier Prallkühlung mit anschliessender Filmkühlung, welches System aufgrund der "Sandwichbauweise" mit Zwischenräumen arbeitet, wird diese Aufgabe erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass der Zwischenraum zwischen den Wandteilen zwecks Bildung eines Helmholtzresonators an ein grosses, abgeschlossenes Zusatzvolumen angekoppelt ist, dass die Einlassöffnungen in den äusseren Wandteilen als Zuführrohre und die Austrittsöffnungen in den inneren Wandteilen als Dämpfungsrohre ausgebildet sind.

Das Dämpfungssystem kann damit wirkungsvoll in das Kühlsystem integriert werden. Mit der neuen, sehr einfachen Massnahme ist ausser einer effizienten Prall/Filmkühlung mit einer möglichst kleinen Kühleuftmenge auch eine hinreichende Dämpfung der Brennkammerschwingungen erreichbar. Da mit grösseren Kühleuftmengen die Resonanz und somit die Dämpfung schwächer werden, wird nur gerade soviel Kühleuft durchströmen lassen, dass ein nennenswertes Aufheizen des Resonators vermieden wird.

## Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer einseitigen axialdurchströmten Gasturbine mit einer ringförmigen Brennkammer dargestellt.

Es zeigen:

- Fig.1 einen Teillängsschnitt der Gasturbine;
- Fig.2 einen Teillängsschnitt durch das Flammrohr;
- Fig.3 das Prinzip des Helmholtzresonators.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Nicht dargestellt sind von der Anlage beispielsweise das Abgasgehäuse der Gasturbine mit Abgasrohr und Kamin sowie die Eintrittspartien des Verdichters. Die Strömungsrichtung der Arbeitsmittel ist mit Pfeilen bezeichnet.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

Die Turbinen 1, von der in Fig. 1 die ersten axialdurchströmten Stufen in Form von je drei Leitbahnen 2' und Laufbahnen 2'' dargestellt ist, besteht im wesentlichen aus dem beschauften Turbinenrotor 3 und dem mit Leitschaufeln bestückten Schaufelträger 4. Der Schaufelträger ist im Turbinengehäuse 5 eingehängt. Im dargestellten Fall umfasst das Turbinengehäuse 5 ebenfalls den Sammelraum 6 für die verdichtete Brennluft. Aus diesem Sammelraum gelangt die Brennluft in die Ringbrennkammer 7, welche ihrerseits in den Turbineneinlass, d.h. stromaufwärts der ersten Leitbahnen 2' mündet. In den Sammelraum gelangt die verdichtete Luft aus dem Diffusor 8 des Verdichters 9. Von letzterem sind lediglich die drei letzten Stufen in Form von je drei Leitbahnen 10' und Laufbahnen 10'' dargestellt. Die Laufbeschauflungen des Verdichters und der Turbine sitzen auf einer gemeinsamen Welle 11, deren Mittelachse die Längsachse 12 der Gasturbineneinheit darstellt.

In den lediglich beispielsweise dargestellten Brenner 13, von denen 36 Stück am Umfang gleichmässig verteilt angeordnet sind, tritt die verdichtete Brennluft in Pfeilrichtung aus dem Sammelraum 6 ein. Der Brennstoff wird über eine Brennstoffdüse 14 in den Verbrennungsraum 15 eingespritzt. Die Brennstoffdüse ist in der Ebene der Primärluftzuführung von einem Drallkörper 16 in Form von Wirbelschaufeln umgeben. Durch die Wirbelschaufeln gelangt die Luft in die Primärzone des Verbrennungsraumes 15, in welcher sich der Verbrennungsvorgang abspielt. Die Wirbelschaufeln bewirken eine Drallströmung mit einem gegen den Brenner gerichteten Luftkern, welcher die Flamme am Brenner verankert, damit sie trotz der hohen Luftgeschwindigkeit nicht abreisst. Gleichsam wird durch die turbulente Strömung eine schnelle Verbrennung gesichert. Anlässlich dieser Verbrennung erreichen die Verbrennungsgase sehr hohe Temperaturen, was besondere Anforderungen an die zu kühlenden Wandungen des Flammrohres 17 darstellt. Dies gilt insbesondere dann, wenn statt des gezeigten Diffusionsbrenners sogenannte Low NO<sub>x</sub>-Brenner, beispielsweise Vormischbrenner zur Anwendung gelangen, welche grosse Flammrohroberflächen und relativ bescheidene Kühlluftmengen erfordern.

Stromabwärts der Brennermündungen erstreckt sich der ringförmige Verbrennungsraum 15 bis zum Turbineneintritt. Er ist sowohl innen als auch aussen begrenzt durch das Flammrohr 17. Dieses Flammrohr kann als selbsttragende Struktur konzipiert sein, wobei es vorzugsweise sowohl an seinem Innerring als auch an seinem Aussenring aus einer Anzahl von längs angeordneten Wandteilen 18, 19 besteht. Dieser Wandteil, welcher Gussteil

sein können, sind in Turbinenachsrichtung entsprechend dem Verlauf des durchströmten Verbrennungsraums gebogen und erstrecken sich über die ganze axiale Länge des Flammrohres.

Wie in Fig. 1 anhand der das Flammrohr umgebenden Pfeile ersichtlich, ist das Flammrohr an seiner vom Verbrennungsraum abgewandten Seite dem vom Verdichter 9 gelieferten Luftstrom im Sammelraum 6 ausgesetzt. Die äusseren Wandteile 18 weisen mehrere, über den Umfang verteilte Einlassöffnungen 20 auf, über die die Kühlluft in einen im Flammrohr gebildeten Zwischenraum 21 eingeleitet wird.

Wie aus der Prinzipskizze in Fig. 2 ersichtlich, handelt es sich bei diesen Einlassöffnungen 20 um Prallkühlungsbohrungen, durch welche die einströmende Luft auf die Innenseite des inneren Wandteils 19 aufprallt und dort ihre Kühlfunktion ausübt. Dies gilt als erste Kühlungsstufe.

Die zweite Kühlungsstufe ist als Filmkühlung ausgelegt. Somit gilt für die Austrittsöffnungen im inneren Wandteil 19 ferner die Forderung, dass die Kühlluft zwecks Kühlfilmerhaltung so in den Verbrennungsraum 15 eingeführt wird, dass sie nicht nur gleichsinnig, sondern in ihrer Richtung möglichst mit der Strömungsrichtung der Verbrennungsgase in Wandnähe des Flammrohres übereinstimmt.

Im vorliegenden Fall sind diese Austrittsöffnungen 22 der Einfachheit halber als schräge Bohrungen dargestellt. Es könnte sich dabei auch um sich überlappende Ziegel handeln, wie diese aus dem Brennkammerbau bekannt sind.

Soweit sind Flammrohre bekannt. Gemäss der Erfindung soll nunmehr zur Schalldämpfung ein gespülter Helmholtzresonator zur Anwendung gelangen. Es ist ohne weiteres erkennbar, dass der Zwischenraum 21 zwischen den beiden Wandteilen 18 und 19 hierfür allein zu wenig Volumen aufweist, um die richtige Frequenz zu erreichen. Der Zwischenraum 21 wird deshalb an einer hierfür geeigneten Stelle an ein grosses, abgeschlossenes Zusatzvolumen 23 angekoppelt. Die Einlassöffnungen 20 in den äusseren Wandteilen 19 werden als Zuführrohre und die Austrittsbohrungen 22 in den inneren Wandteilen 18 als Dämpfungsrohre des Helmholtzresonators ausgebildet.

Zur Funktionsfähigkeit des Helmholtzresonators sind die Zuführrohre 20 so dimensioniert, dass sie für die Kühlluftströmung einen relativ hohen Druckabfall verursachen. Durch die Dämpfungsrohre 22 hingegen gelangt die Kühlluft bei niedrigem Restdruckabfall in das Brennkammerinnere. Die Begrenzung des Druckabfalls in den Dämpfungsrohren ergibt sich aus der Forderung, dass auch bei ungleichmässiger Druckverteilung auf der Innenseite der Brennkammerwand stets in ausreichender Kühlluftströmung in die Brennkammer hin in ge-

wähl ist t bleibt. Selbstverständlich darf an k in r  
Stell H issgas in umg kehrter Richtung in das  
Kühlsyst m indring n.

Die Wahl der Gröss des Zusatzvolum ns 23  
rgibt sich aus der Forderung, dass der Phasen-  
winkel zwischen den Schwankungen der Kühlluft-  
massenströme durch die Öffnungen der äusseren  
und inneren Wandteile grösser oder gleich  $\pi/2$  sein  
soll. Für eine harmonische Schwingung mit vorge-  
gebener Frequenz auf der Innenseite der Brenn-  
kammerwand bedeutet diese Forderung, dass das  
Ausgleichvolumen mindestens so gross sein soll,  
dass die Helmholtz-Frequenz des Helmholtzresona-  
tors, der durch das Zusatzvolumen, das Volumen  
d s Zwischenraumes und die Kühlluftöffnungen ge-  
bildet wird, mindestens die Frequenz der zu dämp-  
f nden Brennkammerschwingung erreicht. Daraus  
folgt ausserdem, dass das Ausgleichvolumen des  
verwendeten Helmholtzresonators vorzugsweise auf  
die tiefste Eigenfrequenz der Brennkammer ausge-  
legt wird. Möglich ist auch die Wahl eines noch  
grösseren Volumens. Dadurch wird erreicht, dass  
ine Druckschwankung auf der Innenseite der  
Brennkammer zu einer stark gegenphasigen  
Schwankung des Kühlluftmassenstromes führt, weil  
ja jetzt die Schwankungen der Kühlluftmassenströ-  
me durch die äusseren und inneren Wandteile  
nicht mehr phasengleich sind. Ausserdem erlaubt  
d r geringe Druckabfall über die Austrittsöffnun-  
gen, d.h. die Dämpfungsrohre des Resonators, die  
Anwendung von grossen offenen Querschnittsflä-  
chen für die Kühlluftströmung. Dies gilt auch für  
d n Fall, dass der mittlere Kühlluftmassenstrom  
sehr klein ist. Beide Faktoren tragen zu einer mas-  
siven Verstärkung der schalldämpfenden Wirkung  
der gekühlten Brennkammer bei.

Die grundsätzlichen Merkmale eines durch-  
strömten Helmholtzresonators, wie er in einer  
Brennkammer, aber auch überall sonst, Anwen-  
dung finden kann, sind in Fig 3. dargestellt. Der  
Resonator besteht im wesentlichen aus dem Zu-  
führrohr 20a, dem Resonanzvolumen 23a und dem  
Dämpfungsrohr 22a. Das Zuführrohr 20a bestimmt  
den Druckabfall. Die Geschwindigkeit am Ende des  
Zuführrohres stellt sich so ein, dass der dynami-  
sche Druck des Strahles zusammen mit den Verlu-  
sten dem Druckabfall über der Brennkammer ent-  
spricht. Es wird nur so viel Luft zugeführt, dass das  
Dämpferinnere sich nicht aufheizt. Eine Aufheizung  
durch Strahlung aus dem Bereich der Brennkam-  
m r hätte zur Folge, dass die Frequenz nicht stabil  
bleibt. Die Durchspülung soll deshalb lediglich die  
ingestrahlte Wärm m ng abführen. Sow it sind  
H lmholtz resonator n bekannt.

Um di L istung d s Helmholtz resonators we-  
sentlich zu steigern, hat es sich als zweckmässig  
rwiesen, die beid n Enden d s Dämpfungsrohr s  
22a nicht scharfkantig auszuführen. Gewählt wird

in Abrundung, der n Krümmungsradius folg nd  
Bedingung erfüllt:

$$\text{Str} = \frac{R \cdot f}{u} \gtrsim 0.5$$

Darin bedeuten:

Str	die Strouhalzahl
R	der Krümmungsradius der Abrundung
f	die Frequenz
u	die Strömungsgeschwindigkeit

Mit dieser Massnahme wird unter anderm erreicht,  
dass die Strömung am Eintritt und am Austritt des  
Dämpfungsrohres nicht völlig ablöst, wie das bei  
scharfkantigem Ein -und Austritt der Fall ist. Die  
Eintritts- und Austrittsverluste werden niedriger, wo-  
durch die pulsierende Strömung wesentlich verlu-  
stärmer wird. Diese verlustarme Gestaltung führt zu  
sehr hohen Schwingungsamplituden, was wiederum  
zur Folge hat, dass der angestrebte hohe Strahlver-  
lust an den Enden des Dämpfungsrohres weiter  
gesteigert wird. Anders ausgedrückt, das Anwachs-  
en der Amplitude überkompensiert die Absenkung  
des Verlustbeiwertes. Im Ergebnis erzielt man ei-  
nen Helmholtzresonator, der das zweifache bis  
dreifache an Dämpfungsleistung aufweist vergli-  
chen mit den an sich bekannten durchströmten  
Resonatoren.

#### Bezugszeichenliste

1	Turbine
2'	Turbinenleitreihe
2''	Turbinenlaufreihe
3	Turbinenrotor
4	Schaufelträger
5	Turbinengehäuse
6	Sammelraum
7	Brennkammer
8	Diffusor
9	Verdichter
10'	Verdichterleitreihe
10''	Verdichterlaufreihe
11	Welle
12	Längsachse
13	Brenner
14	Brennstoffdüse
15	Verbrennungsraum
16	Drallkörper
17	Flammrohr
18	äusseres Wandteil
19	inneres Wandteil
20, 20a	Einlassöffnung, Zuführrohr
21	Zwisch nraum
22, 22a	Austrittsbohrung, Dämpfungsrohr
23, 23a	Zusatzvolum n

**Patentansprüche**

1. Gasturbinenbrennkammer mit einem Flammrohr (17), welches einen Verbrennungsraum begrenzt und auf seiner vom Verbrennungsraum (15) abgewandten Seite einem vom Verdichter (11) der Gasturbine gelieferten Luftstrom ausgesetzt ist, wobei das Flammrohr sich im wesentlichen aus Wandteilen (18, 19) zusammensetzt, und wobei die dem Verbrennungsraum abgewandten äusseren Wandteile (18) jeweils mehrere, über den Umfang verteilte Einlassöffnungen (20) aufweisen, über die die Kühlluft in einen im Flammrohr angeordneten Zwischenraum (21) eingeleitet wird, aus welchem die Kühlluft über Austrittsbohrungen (22) in den dem Verbrennungsraum zugewandten inneren Wandteilen (19) in den Verbrennungsraum eingeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Zwischenraum (21) zwischen den Wandteilen (18, 19) zwecks Bildung eines Helmholtzresonators an ein grosses, abgeschlossenes Zusatzvolumen (23) angekoppelt ist, dass die Einlassöffnungen (20) in den äusseren Wandteilen (19) als Zuführrohre und die Austrittsbohrungen (22) in den inneren Wandteilen (18) als Dämpfungsrohre des Helmholtzresonators ausgebildet sind.
2. Durchströmter Helmholtzresonator für eine Gasturbinenbrennkammer, im wesentlichen bestehend aus einem Zuführrohr (20a), einem Resonanzvolumen (23a) und einem Dämpfungsrohr (22a), dadurch gekennzeichnet, dass das Dämpfungsrohr (22a) eintrittsseitig und austrittsseitig abgerundet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

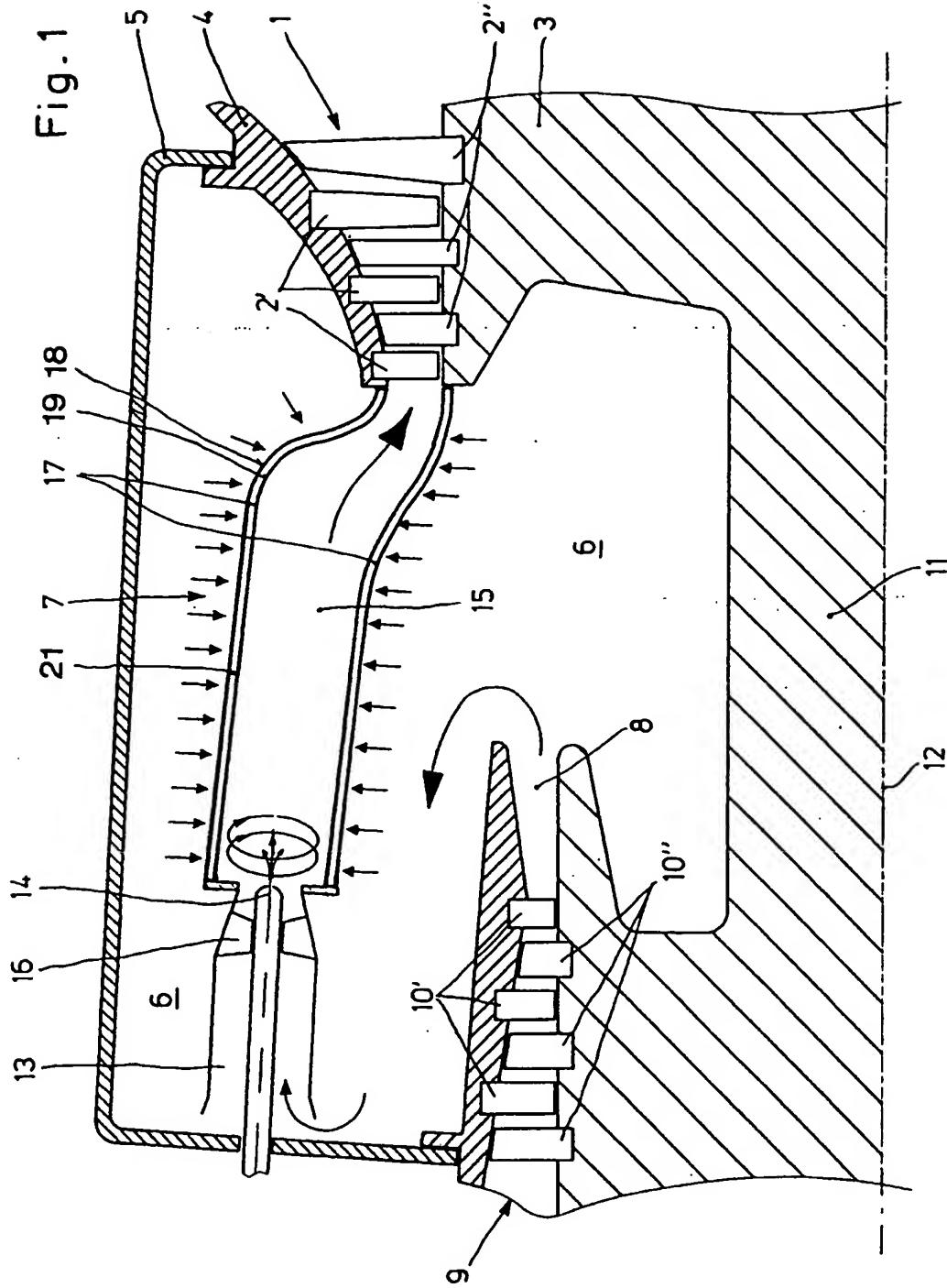


FIG. 2

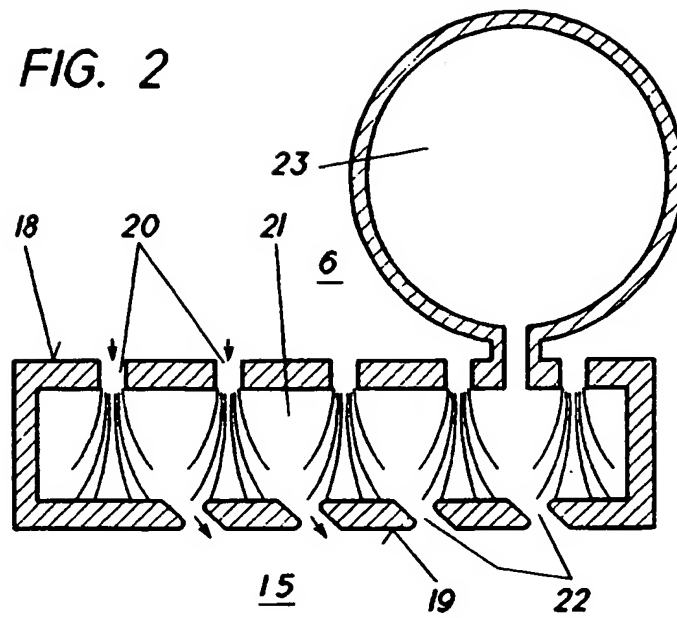
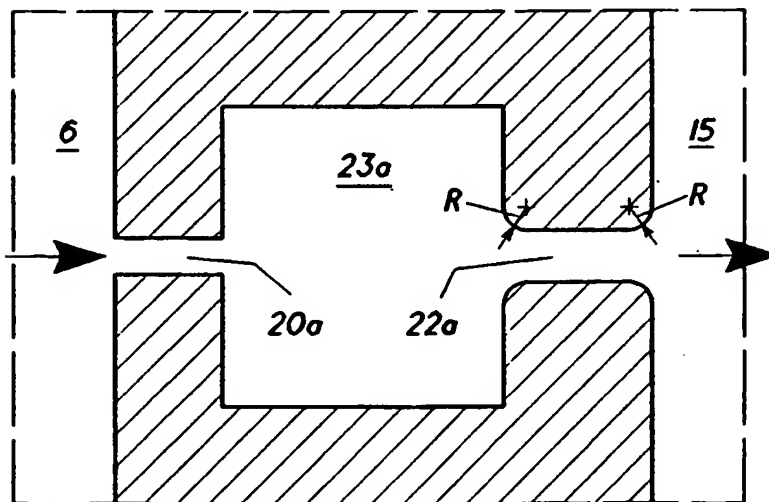


FIG. 3





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 1346

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	GB-A-2 225 381 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) * Zusammenfassung; Abbildungen 4,5 * * Seite 9, Zeile 30 - Zeile 32; Abbildung 7 * ---	1	F23R3/08
A,D	US-A-4 077 205 (PANE) * das ganze Dokument * -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F23R F02K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 18 JANUAR 1993	Prüfer SERRANO GALARRAGA J.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		I : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	